

Wurzelapplikation von Pflanzenkohle – hohe Ertragssteigerung mit wenig Pflanzenkohle

von Hans-Peter Schmidt^{1*}

Article Info

veröffentlicht am 19. Juni 2016

¹ Ithaka Institute, Ancienne Eglise 9, CH-1974 Arbaz, Switzerland

* Korrespondierender Autor: schmidt@ithaka-institut.org

Zitierweise:

Schmidt HP: Wurzelapplikation von Pflanzenkohle - hohe Ertragssteigerung mit wenig Pflanzenkohle, Ithaka-Journal 2016, Arbaz, Switzerland, ISSN 1663-0521, pp. 395-402, www.ithaka-journal.net/97

Für den Einsatz in der Landwirtschaft ist Pflanzenkohle insbesondere als ein Trägermittel für Nährstoffe zu verstehen. Sie muss vor ihrem Einsatz im Boden zunächst mit (organischen) Nährstoffen aufgeladen werden. Damit die Pflanzen aber maximal von der angereicherten Pflanzenkohle profitieren, muss sie dahin appliziert werden, wo die Wurzeln die Nährstoffe auch aufnehmen können. Auf diese Weise genügt schließlich eine Hand voll Pflanzenkohle pro Pflanze, um erhebliche Ertragssteigerungen zu erreichen.

Mit aufwändigen analytischen Verfahren wurde vor Jahren nachgewiesen (Glaser et al., 2001), dass die so enorm fruchtbaren Terra Preta Böden egal ob in Brasilien, Japan, Deutschland, Skandinavien oder Neuseeland häufig über 100 Tonnen Pflanzenkohle pro Hektar enthalten (Wiedner and Glaser, 2015). Das entspricht pro Quadratmeter in etwa einer knapp gefüllten Schubkarre voll Pflanzenkohle! Abgeleitet von dieser ursprünglichen Beobachtung, aber ohne stichhaltige Begründung, was an der vielen Kohle denn die Fruchtbarkeit der Böden bewirken soll, galt unter akademischen Experten in den letzten 10 – 15 Jahren: „Nur viel hilft viel“.

Obwohl sich in hunderten Topfversuchen und kleinen Feldstudien selten bis nie nennenswerte Ertragssteigerung von über 20% zeigten (und wenn doch, dann meist nur, weil Äpfel mit Birnen verglichen wurden (Crane-Droesch

et al., 2013)), empfahlen die Experten weiterhin die Einbringung von zehn, zwanzig oder gar fünfzig Tonnen Pflanzenkohle pro Hektar. Dass ein Landwirt für 50 Tonnen Pflanzenkohle fünf Sattelschlepper bräuchte, um die Kohle an sein Feld zu bringen, hat keiner der Theoretiker als unzumutbar befunden. Ganz abgesehen davon, dass die 50.000 Euro, die die Einbringung von 50 Tonnen Pflanzenkohle pro Hektar mindestens kosten würde, lediglich einem generierbaren Einkommen von 1.200 Euro pro Hektar Mais gegenüberstehen. Selbst bei einer allerdings nie erreichten Verdopplung der Ernte würde sich die Investition selbst bis zur Rente nicht amortisiert haben.

Bei allem Enthusiasmus, der bezüglich der Pflanzenkohle in den letzten Jahren mitunter herrschte, führte die Diskrepanz zwischen Forschung und existentieller Praxis beinahe dazu, dass die wunderbaren Möglichkeiten der Pflanzenkohle für die Schließung der landwirtschaftlichen Stoffkreisläufe von den Bauern verworfen wurden. Mit Idealismus lässt sich Presse machen und gelegentlich Fördergelder gewinnen, aber nicht mehr Korn vom Feld holen.

Biomassepotential für nachhaltige Pflanzenkohle

Um 50 Tonnen Pflanzenkohle herzustellen, braucht es etwa 250 Tonnen Biomasse (TM), wofür 180 einhundertjährige Fichten benötigt würden. Niemand wird vor 500 –



Abb. 1: Konzentrierte Wurzelzonen-Applikation mit Nährstoff beladener Pflanzenkohle (1 t/ha) und nachfolgender Zwiebelpflanzung. Vor der Pflanzung der Zwiebeln wird die Furche mit Erde geschlossen, so dass die zarten Zwiebelwurzeln das Substrat nicht direkt berühren, sondern erst hineinwachsen.

2000 Jahren am Amazonas, an der Elbe oder am Fuße des Fujiyama mit bloßen Äxten 180 Bäume gefällt haben, um das Holz zu verkohlen und damit sein Feld fruchtbarer zu machen. Hingegen würden zwei bis drei Fichten pro Jahr durchaus denkbar sein. In diesem Fall würde es 60 bis 100 Jahre dauern, bis ein Feld mit der beobachteten Menge von 50 Tonnen Pflanzenkohle pro Hektar angereichert wäre.

Auch wenn man überschlägt, dass nach der Ernte von Gemüse oder Getreide je nach Klimazone 5 bis 15 Tonnen Restbiomasse pro Hektar übrig bleiben, so entspricht auch das recht genau dem Potential von jährlich ein bis drei Tonnen Pflanzenkohle, die nachhaltig auf der bewirtschafteten Fläche selbst hergestellt werden können. Wenn man also als Landwirt oder Gärtner jährlich die auf der bewirtschafteten Fläche anfallenden Biomassereststoffe z.B. in einem Kon-Tiki verkohlt, kann man jedes Jahr sein Feld oder Garten mit gut einer Tonne Pflanzenkohle pro Hektar (500 ml pro Quadratmeter) versorgen. Nach zwei, drei Generationen könnte so wie im Amazonas Terra Preta entstehen.

Die oben erwähnten wissenschaftlichen Studien hatten jedoch ergeben, dass erst ab 10 Tonnen Pflanzenkohle pro Hektar überhaupt ein Effekt zu erkennen ist (Jeffery et al., 2015). Und auch wir haben ja schon länger festgestellt, dass Komposte mit 50% Pflanzenkohle phantastische Ergebnisse bringen, wenn man Gemüse direkt in das unverdünnte Substrat pflanzt (Kammann et al., 2016). Dies aber entspricht dann sogar Konzentrationen von 1000 Tonnen Pflanzenkohle pro Hektar. Offenbar lieben Pflanzen hohe Konzentrationen an Pflanzenkohle, sofern sie wie bei der Ko-Kompostierung mit organischen Nährstoffen beladen ist (Kammann et al., 2015).

Wo also liegt des Rätsels Lösung, wenn einerseits Pflanzen am besten mit viel Nährstoff beladener Pflanzenkohle wachsen, und es andererseits wirtschaftlich wie ökologisch illusorisch ist, mehr als 1 bis 3 Tonnen Pflanzenkohle pro Jahr und Hektar (ca. 500 ml m⁻²) einzusetzen?

Wurzelapplikation von Pflanzenkohle

Die Lösung ist eigentlich naheliegend. Nur war es hier wie bei Vielem, dass gerade das Naheliegende zugunsten des Komplizierten und Fernliegenden übersehen wurde. Wenn das Wurzelwachstum durch hohe Konzentrationen nährstoffbeladener Pflanzenkohle stimuliert wird, dann muss die beladene Pflanzenkohle direkt in die Wurzelzone appliziert werden. Wird die Pflanzenkohle hingegen wie früher homogen auf dem Feld verteilt und eingepflügt bzw. mit dem Rechen gleichmäßig eingearbeitet, verdünnen sich selbst große Mengen letztlich kaum merklich im Boden (50 Tonnen pro Hektar sind weniger als 1% auf eine Bodentiefe von einem halben Meter gerechnet). Wird jedoch eine kleine Menge in den Wurzelraum jeder einzelnen Pflanze appliziert, profitieren nur die jeweiligen Pflanzen und ihre Wurzelsymbionten, nicht aber die unerwünschten Beikräuter dazwischen. Bei einer Pflanzdichte von zum Beispiel 40.000 Pflanzen pro Hektar (Pflanzabstand: 50 cm x 50 cm wie z.B. bei Tomaten oder Mais üblich) kann bei einer Aufwandmenge von nur einer Tonne pro Hektar die Wurzelzone jeder Pflanze mit 25 g (ca. 125 ml) Pflanzenkohle versorgt werden. Das entspricht einem gut praktischen Maß von einer Hand voll Kohle.

Anleitung zur Wurzelapplikation im Garten

Im größeren Maßstab eignen sich für eine solche Wurzelapplikation zahlreiche bereits marktübliche technische Möglichkeiten wie die Injektion mittels Drucklanzen oder das Einschlitzen mit entsprechenden Pflugeräten, so dass die Methode effizient auch mechanisiert auf vielen Hektar zum Einsatz kommen kann. Für den Gartenbereich oder die ebenfalls vor allem per Hand ausgeführte Landarbeit in zahlreichen Entwicklungsländern empfiehlt sich hingegen, vor dem Pflanzen oder Aussäen entsprechende Pflanzlöcher auszuheben oder zu stechen bzw. entsprechend tiefe Furchen zu ziehen. In diese Pflanzlöcher,



Abb. 2: Applikation des Pflanzenkohlesubstrates für Kürbispflanzung. Zunächst wird ein ca. 35 cm tiefes Pflanzloch gegraben und reifer Kompost in das untere Drittel des Pflanzlochs gegeben. Im Bild rechts oben sieht man wie Pflanzenkohle und Rinderurin im Volumenverhältnis 1:1 angemischt werden.

Furchen oder flacheren Rinnen wird das mit Nährstoffen beladene Pflanzenkohlesubstrat gegeben und mit etwas Erde durchmischt. Auch gut ausgereifter Kompost oder Bokashi kann händisch oder mit einem Stab oder einer Hacke vermengt werden (siehe Abb. 2 & 3). Sodann wird das Loch bzw. die Furche wieder mit Erde geschlossen und darauf gesät bzw. darin gepflanzt. Wichtig ist, dass die Saatkörner nicht direkt in Kontakt mit dem nährstoffreichen Kohlesubstrat abgelegt werden, da dies die Keimung beeinträchtigen kann. Erst wenn die Pflanzen gut angewurzelt haben, sollen sie in und durch das nährstoffreiche Pflanzenkohlesubstrat wachsen.

Applikationstiefe und Aufwandmengen

Die Tiefe der Substratablage hängt von den zu kultivierenden Pflanzen ab. Während für Kartoffeln, Mais, Tomaten- oder Kürbispflanzen Tiefen von 15 bis 25 cm empfohlen werden, sollten die Substratrinnen für Radieschen oder Zwiebeln nur im Bereiche von 4 bis 10 cm mit Substrat gefüllt werden. Für Dauerkulturen wie Wein oder Himbeeren werden jeweils auf einer Seite der Reihe ca. 30 – 40 cm tiefe Furchen gezogen und das Substrat entsprechend abgelegt, wonach die Furche wieder mit Erde zugeschüttet wird. Bei Bäumen gräbt man die Applikationsfurche im Umkreis der Baumkrone ebenfalls 30 bis 40 cm tief.



Abb. 3: Das mit organischer Flüssigkeit aufgeladene Pflanzenkohle-Substrat wird auf den Kompost gegeben und gründlich mit etwas Erde durchmischt. Danach wird das Pflanzloch mit Erde geschlossen und die Kürbissamen werden in 2 cm Tiefe in die Erde gelegt. Bei einem Mischungsverhältnis von 1:1 Volumenteilen Pflanzenkohle und Rinderurin ist die Mischung in der Regel fest; für die Abbildung links wurde ein höhere Mischungsverhältnis von 1:1,5 gewählt, weshalb die Mischung flüssig ist (siehe auch Abb. 14)



Abb. 4: Hans Söhl hat speziell zur Wurzelapplikation von Pflanzenkohle einen Pflanzlochstecher gebaut, mit dem sich bequem und rasch Pflanzlöcher für Kartoffeln, Tomatenpflanzen und viele andere einjährige Gemüse im nicht zu steinigen Boden stechen lassen. Erhältlich unter: www.soehlmetail.de

Die Menge des Substrates sollte je nach der Pflanzdichte berechnet werden. Setzt man eine Aufwandmenge von 100 g (500 ml) pro m^2 ($1 t ha^{-1}$) an, ergibt dies z.B. für Tomaten mit 4 Pflanzen pro Quadratmeter (40.000 pro Hektar) ca. 25 g (125 ml, eine Hand voll) Kohle pro Pflanze und bei Kürbis mit lediglich einer Pflanze pro $2.5 m^2$ (4.000 pro Hektar) entsprechend dies ca. 300 ml pro Pflanze. Bei Baumapplikationen wird man sich die Mühe kaum jedes Jahr machen wollen und so kann man z.B. aller drei Jahre die dreifache Jahresmenge einbringen. Bei einer Pflanzdichte von $10 m^2$ pro Baum entspricht dies dann $10 m^2 * 0.5 l m^{-2} * 3 Jahre = 15 l$ pro Baum.



Abb. 5: In einer seit Jahren bestehenden Tee-Plantage wird auf der einen Seite der Teesträucher ein 35 cm tiefer Graben ausgehoben und darin das Pflanzenkohlesubstrat mit Kompost appliziert. Nachfolgend wird die Furche wieder mit Erde geschlossen. Die gleiche Prozedur wird auch für andere Dauerkulturen wie Wein, Himbeeren oder niederstämmige Obstbäume empfohlen.

Funktion der Wurzelapplikation

Die in die (künftige) Wurzelzone applizierte Pflanzenkohle stimuliert zunächst das Feinwurzelwachstum und stellt ein zuverlässiges Nährstoff- und Wasserdepot für die Pflanze zur Verfügung. Die Nährstoffe in der Kohle werden auch bei starken Regenereignissen vor dem Auswaschen geschützt. Zudem sorgt die gespeicherte Feuchtigkeit im Wurzelbereich dafür, dass Mikroorganismen auch bei längerer Trockenheit länger aktiv bleiben und die Pflanzenwurzeln symbiotisch versorgen. Trotzdem werden sich die Pflanzen nicht auf das volumenmäßig letztlich kleine Kohle-Nährstoffdepot im Oberwurzelbereich beschränken, sondern nach der Stimulierung des Wurzelwachstums kräftig in den Unterboden ausschlagen (Abiven et al., 2015). So erschließen sich die Pflanzen weit besser den Boden, mobilisieren Mineralstoffe und Wasser aus dem Unterboden und Gestein, wachsen robuster und sorgen durch das stärkere Wurzelwachstum zudem für eine Anreicherung von Humus auch in tiefer liegenden Bodenschichten. Das Kohle-Nährstoffdepot kann für eine gleichmäßige Nährstoffaufnahme und Stimulation von Wurzelfunktionen sorgen, aber entscheiden ist auch, dass die Pflanze nicht allein vom Kohlesubstrat lebt, sondern die Wurzeln gesund bis tief in den Boden ausbreitet und damit all die wichtigen Ökosystemfunktionen erfüllt.

Nährstoffaufladung

In unseren vielen Feldversuchen haben wir die Pflanzenkohle sowohl mit gelösten Chemiedüngern (NPK) als auch mit flüssigen organischen Düngern (vor allem Tierurin) beladen. Dabei hat sich sehr deutlich herausgestellt, dass insbesondere die Aufladung mit organischen Flüssigkeiten das Wachstum der Pflanzen stimuliert. Selbst bei vollkommen gleichen Aufwandmengen an Stickstoff, Phosphat und Kalium führten in unseren Versuchen (siehe Abb. 8ff) die mit organischen Flüssigkeiten beladenen Pflanzenkohlen zu durchschnittlich 50% höheren Erträgen als die Varianten mit chemisch beladenen Nährstoffen.

Es ist also offensichtlich – wenn auch wissenschaftlich noch nicht hinreichend bewiesen und mechanistisch erklärt –, dass der starke Wachstumseffekt, der durch die mit organischen Flüssigkeiten beladene Pflanzenkohle verursacht wird, nicht nur mit den Aufwandmengen der traditionellen Hauptnährstoffe (NPK) erklärt werden kann. Die Gesundheit und das Wachstum von Pflanzen sind eben nicht nur von drei düngenden Substanzen (NPK), Wasser und Luft abhängig. Während in den traditionellen synthetischen Düngern tatsächlich nur drei bis fünf mineralische Salze (N-P-K-Mg-S) enthalten sind, befinden sich z.B. im Urin über 3000 organische Substanzen (Bouatra et al., 2013), die allesamt auch Nährstoffe für Mikroorganismen sind. Zudem sind darin zahlreiche Signal- und Botenstoffe enthalten, die offenbar die mikro-



Abb. 6: Für einen einjährigen Kaffeebaum wird im Umkreis der Baumkrone ein 30 cm tiefer Graben gezogen und das Pflanzenkohle-Substrat appliziert, wonach der Graben wieder mit Erde geschlossen wird. Für mehrjährige Bäume wird die gleiche Prozedur empfohlen.

bielle Aktivität im Boden stimulieren und darüber wohl auch das Pflanzenwachstum.

Wir hinken, wie schon gesagt, mit fundierten wissenschaftlichen Erklärungen über die Funktion der Pflanzenkohle in Zusammenhang mit organischen Nährstoffen noch hinterher und müssen uns noch mit vielen (immerhin recht fundierten) Vermutungen begnügen. Die Beobachtungen aber sind klar: Die Kombination von Pflanzenkohle und organischen Nährflüssigkeiten verschafft den Landwirten (erstmal) einen organischen Dünger, der die Effizienz von Chemiedüngern nicht nur hinsichtlich der Pflanzengesundheit, sondern auch hinsichtlich des Pflanzenwachstums und der Erntemengen übertrifft.

Dies ist zugleich die vielversprechendste Perspektive für die Anwendung von Pflanzenkohle in der Landwirtschaft.

Es könnte zur Grundlage für eine optimierte biologische Landwirtschaft mit gleichen oder höheren Erträgen als die konventionelle, chemiebasierte Agrarindustrie werden.

Praktische Empfehlung zur organischen Aufladung von Pflanzenkohle

Wo Tiere in einem Stallsystem zur Verfügung stehen, ist es am einfachsten, die Pflanzenkohle mit dem abgepressten Flüssigteil der Gülle so zu vermischen, dass ein gerade noch schaufelbares Kohle-Nährstoffsubstrat entsteht. Eine weitere Möglichkeit ist die Anlage von Pflanzenkohle-Gruben, in denen der ablaufende Tierurin direkt aufgefangen wird. Der so entstehende Kohle-Nährstoffbrei ist nicht nur geruchsneutral, sondern kann auch in Bigbags gelagert, transportiert und gehandelt werden. Während Gülle nur zu bestimmten Zeiten im Jahr auf dem Feld ausgebracht werden darf, weshalb riesige und teure Güllegruben nötig sind, kann die mit Flüssiggülle beladene Pflanzenkohle jederzeit als Dünger im Feld appliziert werden. Eine detailliertere Anleitung zum Einsatz von Pflanzenkohle in der Tierhaltung finden Sie im nächsten Artikel des Ithaka Journals.

Hervorragend zur Nährstoffaufladung eignet sich auch die Verwendung von menschlichem Urin. Hierfür wird in Trenntoiletten (oder gesonderten Pissoirs) der Urinablauf direkt in einen mit Pflanzenkohle gefüllten Behälter geführt. Zur Verhinderung von Nährstoffverlusten empfiehlt es sich zudem 100 Liter Pflanzenkohle mit ca. 3 kg Zucker zu mischen und mit Laktofermenten (z.B. EM-A oder selbst hergestellte IMO) zu imprägnieren. Nachdem die Pflanzenkohle aufgeladen ist, sollte sie zwei Wochen unter Luftabschluss gelagert werden. Durch diese Methode werden die Nährstoffe mit dem Zucker und der Kohle fermentiert und damit noch besser pflanzenverfügbar.



Abb. 7: Anstatt riesiger Güllegruben wird empfohlen kleinere Urin-Auffangbecken mit Pflanzenkohle zu füllen und die Stallflüssigkeiten dahin ablaufen zu lassen. Auf diese Weise ist das Stallsystem komplett geruchslos und Nährstoffverluste können verhindert werden. Das Urin-Pflanzenkohle Substrat kann regelmässig als Feststoffdünger ausgeschaufelt bzw. ausgebagert werden. Pro Rind und Tag sind mit 10 bis 15 Liter Pflanzenkohle zu rechnen.

Auch andere flüssige organische Nährstoffe wie Biogasgülle, Kompostextrakte oder fermentierte Kräuterextrakte eignen sich zur Aufladung der Pflanzenkohle.

Je nach Kohletyp lassen sich Pflanzenkohle und Urin oder Flüssiggülle im Volumenverhältnis von 1:1 mischen. Zu beachten ist, dass damit das Gesamtvolumen der Nährstoff beladenen Pflanzenkohle im Vergleich zur reinen Pflanzenkohle steigt. Die oben empfohlenen 500 ml Pflanzenkohle pro m² entsprechen dann etwa 750 ml Urin-Kohle pro m², was allerdings jeder selbst entsprechend der verwendeten Kohle, der Partikelgröße (gemahlen oder nicht gemahlen) und Nährstoffflüssigkeit bestimmen sollte.

500 ml Kuhurin enthalten etwa 5.5 mg Stickstoff, 0,1 mg Phosphat und 5 mg Kalium, was recht gut dem Stickstoff- und Kaliumbedarf der Pflanzen auf einem Quadratmeter entsprechen (NPK 55:3:60 (Schmidt et al., 2015)), sofern man bedenkt, dass die Nährstoffe im Unterschied zu gut löslichen Mineräldüngern weniger ausgewaschen werden. Menschlicher Urin enthält etwas weniger Kalium, dafür aber etwas mehr Phosphat (etwa 0,7 % N - 0,07% P - 0,18 % K, entspricht NPK 35:8:22 (Jönsson et al., 2005)). Aufgrund der geringen Phosphatgehalte wird empfohlen, die nährstoffbeladene Pflanzenkohle mit reifem Kompost zu vermischen, da dieser mehr Phosphat als die flüssigen Stoffwechselprodukte der tierischen und menschlichen Verdauung enthält.

Grundsätzlich ist zu bemerken, dass die 100 g Pflanzenkohle pro Quadratmeter (1 t ha⁻¹) nur ein Richtwert sind, der sich daraus ergeben hat, wie viel Nährstoffe bestimmte Pflanzenkohle aufnehmen können. Gerade im Garten, wo genügend Pflanzenkohle und organische Nährstoffe vorhanden sind, können durchaus auch höhere Aufwandmengen zum Einsatz kommen.

Einige Ergebnisse von über 250 Feldversuchen

In den letzten beiden Jahren hat das Ithaka Institut gemeinsam mit verschiedenen Partnern vielfältige Feldversuche in Nepal, Indien, Bangladesch, Australien und im Wallis angelegt. Dabei haben wir die oben beschriebenen Methoden in verschiedensten Varianten mit unterschiedlichen Kulturpflanzen, Böden und Klimata in ihrer Wirkung untersucht und optimiert. Die Ergebnisse sind teils schon in wissenschaftlichen Veröffentlichungen (Cornelissen et al., 2016; Schmidt et al., 2015) oder Vorträgen präsentiert worden. Eine Reihe weiterer Untersuchungen werden in den kommenden Monaten in englischen Fachzeitschriften veröffentlicht werden. Mit den folgenden kommentierten Diagrammen möchten wir eine erste Übersicht der wichtigsten Ergebnisse vorlegen, um das enorme Potential der pflanzenkohlebasierten Düngung deutlich zu machen und die Leser zu eigenen Versuchen anzuregen.

Anzumerken ist, dass alle Pflanzenkohlen, die in den folgenden Versuchen eingesetzt wurden, entweder mit Metall- oder Erd Kon-Tiki Meilern hergestellt wurden. Es handelt sich also um Hochtemperatur-Pflanzenkohle (650° - 700° C), die unter Sauerstoff-Einfluss pyrolysiert und mit Wasserdampf gelöscht wurden. Sie haben hohe spezifische Oberflächen und vor allem hohe Wasser- und Nährstoffhaltekapazitäten. Wir können derzeit noch nicht mit Sicherheit sagen, ob ähnliche Wachstumseffekte auch mit nicht oxidativ hergestellten Pflanzenkohlen zu erzielen sind.

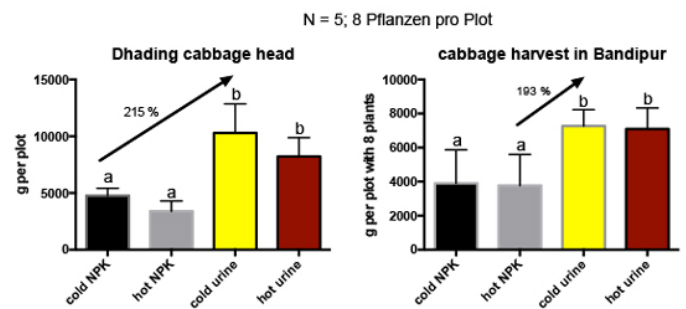


Abb. 8: Zwei Versuche mit Grünkohl in zwei Dörfern mit unterschiedlichem Boden und Klima. In den Behandlungen mit NPK wurde Mineräldünger verflüssigt und entweder heiß oder kalt auf die Pflanzenkohle geladen. In den Behandlungen mit Urin wurde Rinderurin und Phosphorsäure auf die Pflanzenkohle geladen, so dass sowohl in den NPK- als auch in den Urin-Behandlungen jeweils die gleiche Menge an Nährstoffen in die Wurzelzone der Pflanzen appliziert wurde.

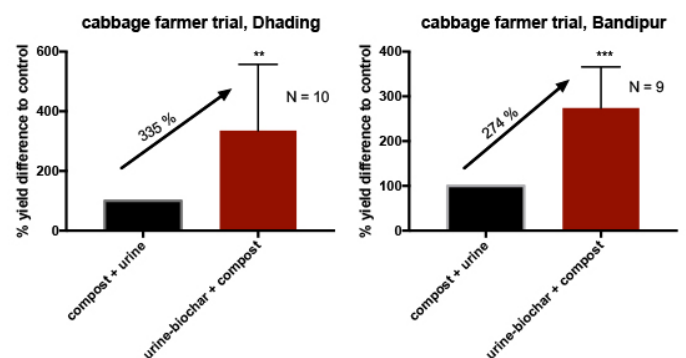


Abb. 9: In einem Farmer-Versuch wurde mit jeweils neun bzw. zehn Bauern in zwei verschiedenen Dörfern jeweils die traditionelle Variante mit nur Kompost und eingemischtem Rinderurin verglichen mit einer Variante, in der die gleiche Menge Kompost und Rinderurin verwendet wurde, der Rinderurin aber zuvor auf Pflanzenkohle geladen wurde. Die Aufwandmenge an Pflanzenkohle entspricht 1 Tonne pro Hektar.

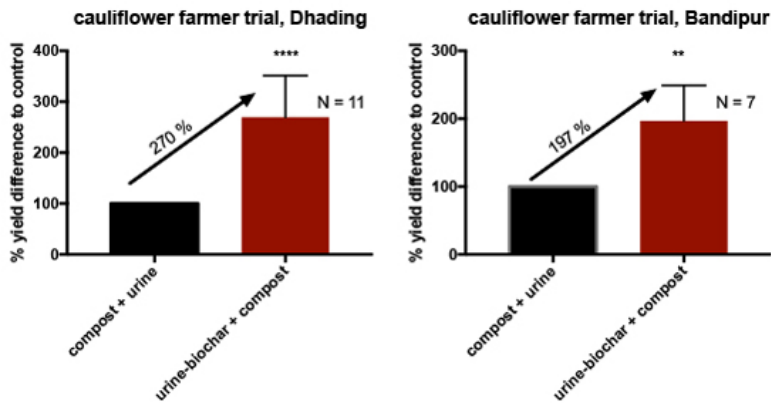


Abb. 10: Die gleichen Bauern wie in Abb. 8 haben mit gleicher Versuchsanlage auch Blumenkohl angebaut. Die Ertragssteigerungen sind im Vergleich zum Grünkohl etwas geringer, haben sich aber auch hier mehr als verdoppelt.

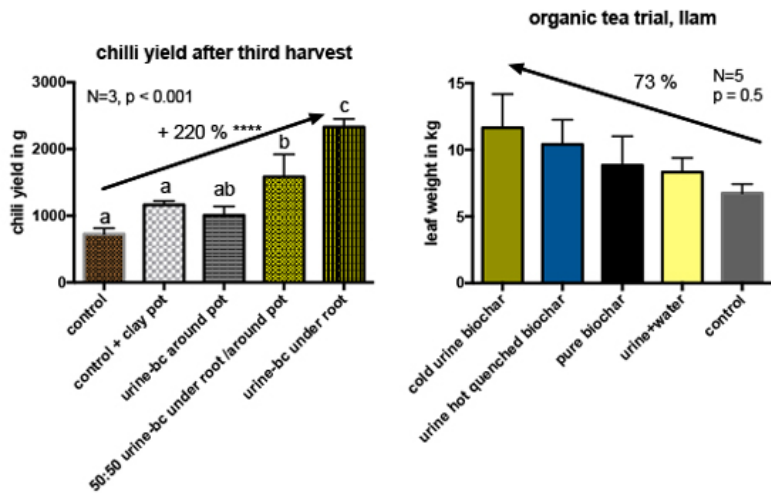


Abb. 11: Links sind die Ergebnisse eines Chili-Versuches zu sehen, wo verschiedene Applikationstechniken verglichen wurden. Es ist statistisch hochsignifikant, dass die unmittelbare Wurzelzonen-Applikation der organisch aufgeladenen Pflanzenkohle die beste Variante ist. Auf dem rechten Diagramm sind die Ergebnisse eines Versuches in einer Teeplantage in Ilam zu sehen. Auch hier zeigt sich deutlich, dass der wachstumssteigernde Effekt auf die Kombination von Rinderurin und Pflanzenkohle zurückzuführen ist. Dabei spielt es keine Rolle, ob die Nährstoffflüssigkeit auf die glühende oder auf die kalte Kohle appliziert wurde.

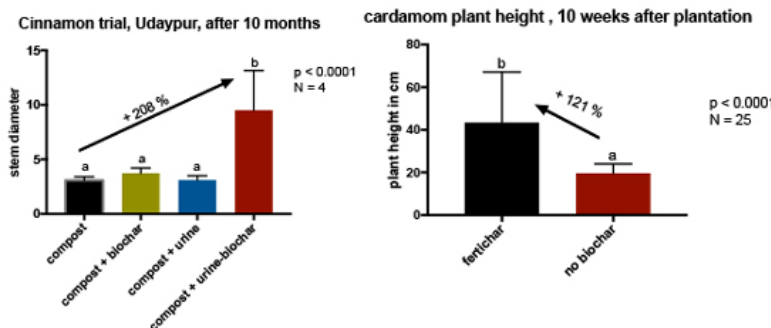


Abb. 12: In unseren meisten Pflanzenkohle-Versuchen mit mehrjährigen Bäumen kam es zwar nicht zu verstärktem Höhenwachstum, aber die Stammdurchmesser der Bäume nahmen signifikant zu, was für verstärktes Wurzelwachstum spricht. Bei neu gepflanzten Bäumen (hier Kardamom) ist in der Regel auch deutlich stärkeres Höhenwachstum zu beobachten.

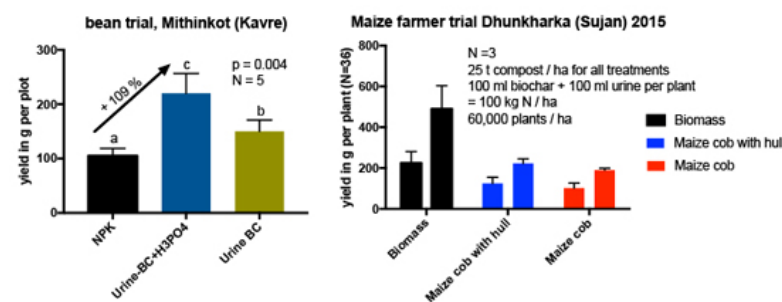


Abb. 13: Von herausragender Bedeutung für unsere Versuche war der Vergleich mit konventioneller NPK-Düngung. Wie sich an diesen beiden Versuchen mit Bohnen und mit Mais zeigt, konnte bei exakt gleichen NPK-Gaben die Variante mit Rinderurin beladener Pflanzenkohle die deutlich höheren Erträge erzielen. Es wurde jeweils das Äquivalent von 1 Tonne Biochar pro Hektar verwendet. Die Resultate bleiben mit optimierter NPK-Düngung und verschiedenen Pflanzenarten und Böden zu überprüfen, doch es scheint sich im Zusammenhang mit unseren anderen Resultaten zu bestätigen, dass dank der Pflanzenkohle ein hochwertiger organischer Vollwertdünger mindestens gleiche, vermutlich sogar bessere Ergebnisse als konventionelle Chemiedüngung verspricht.

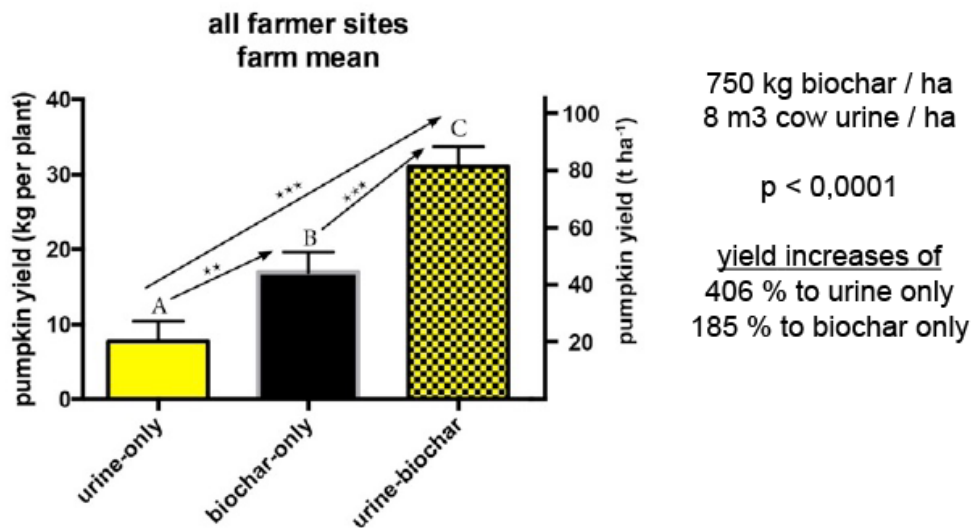


Abb. 14: Die beeindruckendsten Resultate erzielten wir in einem Kürbis-Versuch, der parallel mit 9 Farmern durchgeführt wurde und bei jedem Farmer sehr hohe Wachstumszuwächse in der Variante mit Urin-Biochar + Kompost erbrachte. In allen Varianten wurde Kompost als konzentrierte Grunddüngung in das Pflanzloch eingebracht. In der Variante "urine-only" wurde pro Pflanze 1.6 l Rinderurin, in der Variante "biochar-only" wurde 150 g Pflanzkohle und in der Variante "urine-biochar" wurde 150 g Pflanzkohle mit 1.6 l Rinderurin dem Kompost im Pflanzloch zugemischt. Insgesamt entspricht dies einer Pflanzkohle-Aufwandmenge von nur 750 kg pro Hektar, wobei die aus Strauchschnitt hergestellte Pflanzkohle sehr leicht und saugfähig war. So beeindruckend die Vervierfachung der Ernte war, noch überzeugender war die Erntemenge von über 80 t Kürbis pro Hektar, was selbst hohe internationale Standards übertrifft.

Danksagung

Die Ergebnisse aus Nepal sind Teil des Asian Development Bank (ADB) Projektes TA-7984 NEP: Mainstreaming Climate Change Risk Management in Development, finanziert durch den Nordic Development Fund und die Regierung von Nepal unter der administrativen Leitung von Landell Mills Ltd., UK. Ich danke insbesondere meinem engsten Mitarbeiter und Freund Bishnu Hari Pandit, der die Feldversuche in Nepal koordiniert, sowie allen über 100 Bäuerinnen und Bauern in 15 Dörfern Nepals, die mit viel Einsatz und Sorgfalt für die statistische Verlässlichkeit der Ergebnisse gesorgt haben.

Literatur

- Abiven, S., Hund, A., Martinsen, V., Cornelissen, G., 2015. Biochar amendment increases maize root surface areas and branching: a shovelomics study in Zambia. *Plant Soil* 395, 45–55.
- Bouatra, S., Aziat, F., Mandal, R., Guo, A.C., Wilson, et al., 2013. The Human Urine Metabolome. *PLoS One* 8, e73076.
- Crane-Droesch, A., Abiven, S., Jeffery, S., Torn, M.S., 2013. Heterogeneous global crop yield response to biochar: a meta-regression analysis. *Environ. Res. Lett.* 8, 044049.
- Glaser, Haumaier, Guggenberger, Zech, 2001. The Terra Preta phenomenon: a model for sustainable agriculture in

the humid tropics. *Naturwissenschaften*.

- Jeffery, S., Abalos, D., Spokas, K.A., Verheijen, G.A., 2015. Biochar effects on crop yield, in: Lehmann, J., Joseph, S. (Eds.), *Biochar for Environmental Management*. Earthscan, London, pp. 301–326.
- Jönsson, H., Baky, A., Jeppsson, U., Hellström, D., Kärrmann, E., 2005. *Composition of urine, faeces, greywater and biowaste*. Gothenburg.
- Kammann, C.I., Glaser, B., Schmidt, H.-P., 2016. Combining Biochar and Organic Amendments, in: Shackley, S., Ruysschaert, G., Zwart, K., Glaser, B. (Eds.), *Biochar in European Soils and Agriculture: Science and Practice*. London, p. accepted.
- Kammann, C.I., Schmidt, H.P., Messerschmidt, N., Linsel, S., Steffens, D., Müller, C., Koyro, H.-W., Conte, P., Joseph, S., 2015. Plant growth improvement mediated by nitrate capture in co-composted biochar. *Sci. Rep.* accepted.
- Schmidt, H., Pandit, B., Martinsen, V., Cornelissen, G., Conte, P., Kammann, C., 2015. Fourfold increase in pumpkin yield in response to low-dosage root zone application of urine-enhanced biochar to a fertile tropical soil. *Agriculture* 5, 723–741.
- Wiedner, K.; Glaser, B. Traditional use of biochar. In *Biochar for Environmental Management - Science and Technology* (2nd Ed.); Lehmann, J.; Joseph, S., Eds.; London, 2015; pp. 15–38.